

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Романюк Ф.А., Булойчик Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,

ev_pst@list.ru

Для защиты линий от коротких замыканий (КЗ) в радиальных сетях 6 – 35 кВ с одним источником питания используются ступенчатые токовые микропроцессорные защиты, содержащие в общем случае: первую ступень – токовую отсечку мгновенного действия (ТО); вторую ступень – токовую отсечку с выдержкой времени (ТОВ); третью ступень – максимальную токовую защиту (МТЗ). Они относятся к числу наиболее массовых защит распределительных сетей. Основными показателями их технического совершенства являются: селективность действия для всех ступеней, быстрдействие и ширина зоны мгновенного отключения повреждений для первой ступени, чувствительность для второй и третьей ступеней.

Существующие микропроцессорные токовые защиты линий имеют ограниченную зону мгновенного отключения КЗ для первой ступени, которая к тому же изменяется в зависимости от вида повреждения и режима работы распределительной сети, также зачастую вторая и третья ступени не обеспечивают требуемой чувствительности, особенно при несимметричных КЗ.

Техническое совершенство защит этого класса может быть повышено путем реализации в алгоритме их функционирования цифровых элементов, основанных на принципах адаптивности.

Одно из таких решений предполагает определение вида возникшего на линии КЗ с последующим изменением в зависимости от результата токов срабатывания ступеней защиты [1].

Следует отметить, что токи срабатывания первой и третьей ступеней защиты для режима двухфазного КЗ имеют меньшие значения, чем для режима трехфазного КЗ. Благодаря этому, реализация решения обеспечивает расширение зоны мгновенного отключения КЗ первой ступени, повышение чувствительности второй и третьей ступеней микропроцессорных токовых защит при несимметричных КЗ.

Выявление режимов несимметричных двухфазных КЗ может быть осуществлено путем контроля относительной несимметрии токов фаз линии.

При несимметричных двухфазных КЗ на контролируемой линии в ее неповрежденной фазе протекает только ток нагрузки I_n , а в поврежденных фазах ток нагрузки накладывается на ток КЗ $I_{КЗ}$, увеличивая полный ток одной фазы и уменьшая ток другой. Токи нагрузки в поврежденных фазах в два раза меньше по величине и противоположны по знаку току нагрузки в неповрежденной фазе.

В режиме двухфазного КЗ на контролируемой линии наименьший из токов всех ее трех фаз представляет собой ток нагрузки в неповрежденной фазе I_n , а наибольший из указанных токов равен векторной сумме тока КЗ $I_{КЗ}$ и тока нагрузки в поврежденных фазах, который равен $0,5 I_n$.

При этом разность наибольшего I_{\max} и наименьшего I_{\min} значений токов фаз контролируемой линии

$$(I_{\max} - I_{\min}) = (|I_{КЗ} + 0,5 \cdot I_n| - |I_n|) \quad (1)$$

имеет значительную величину, что свидетельствует о несимметричном двухфазном КЗ на этой линии.

В случае возникновения такого же повреждения на одной из параллельных линий распределительной сети во всех фазах контролируемой линии протекают только токи нагрузки, различающиеся в общем случае не только по величине, но и по фазе. При этом разность наибольшего I_{\max} и наименьшего I_{\min} значений токов фаз контролируемой линии не превышает половины тока нагрузки:

$$(I_{\max} - I_{\min}) \leq 0,5 \cdot I_n \quad (2)$$

и уменьшается по мере удаления точки повреждения на параллельной линии от источника питания. Исходя из этого, несимметричный режим на контролируемой линии имеет место при:

$$(I_{\max} - I_{\min})/I_n > 0,5. \quad (3)$$

Если учесть, что при двухфазных КЗ $I_n = I_{\min}$, то условие их существования на контролируемой линии будет иметь вид:

$$(I_{\max} - I_{\min})/I_{\min} > 0,5. \quad (4)$$

При невыполнении (4), КЗ является симметричным трехфазным.

Для режима двухфазного КЗ в (4), I_{\max} является током поврежденных фаз, а I_{\min} – током нагрузки I_n . Введя понятие о кратности тока повреждения по отношению к току нагрузки $K = I_{\max}/I_n$, с учетом сделанных замечаний можно записать:

$$(K \cdot I_n - I_n)/I_n > 0,5. \quad (5)$$

Разрешив (5) относительно K , будем иметь, что $K > 1,5$. Это означает, что рассмотренный метод позволяет четко установить режим двухфазного КЗ, когда токи повреждения не менее чем в 1,5 раза превосходят токи нагрузочных режимов.

Второе направление повышения технического совершенства микропроцессорных токовых защит линий основывается на определении и учете места КЗ [2].

Если установлено, что повреждение находится на защищаемой линии, то ее можно отключать без выдержки времени, в противном случае – с заданной выдержкой времени.

Реализация данного положения в токовых защитах обеспечит расширение зоны мгновенного отключения первой ступени как при двухфазных, так и при трехфазных КЗ. При этом указанная зона не будет зависеть от вида КЗ и режима работы распределительной сети.

В основу определения места КЗ может быть положено вычисление расстояния от места установки защиты до точки повреждения $l_{\text{КЗ}}$ и сравнение его с длиной линии l_n . При $l_{\text{КЗ}} \leq l_n$ КЗ находится на защищаемой линии, а когда $l_{\text{КЗ}} > l_n$, оно расположено за ее пределами.

Вычисление $l_{\text{КЗ}}$ производится по токам и напряжениям в месте установки защиты с использованием дистанционного принципа измерения составляющих комплексного сопротивления поврежденной петли. С целью снижения влияния переходного сопротивления на расчетную удаленность до места КЗ в петле искомое расстояние следует вычислять по значению реактивной составляющей входного сопротивления.

Использование и учет в алгоритмах функционирования микропроцессорных токовых защит линий информации о месте и виде КЗ в совокупности позволит повысить их техническое совершенство. Так, учет места возникновения КЗ обеспечит расширение зоны мгновенного отключения ТО как при трехфазных, так и при двухфазных КЗ, повышение чувствительности ТОВ. При этом вид КЗ и режим работы распределительной сети не будут оказывать влияния на стабильность указанной зоны.

Учет вида КЗ обеспечит повышение чувствительности МТЗ к несимметричным повреждениям.

Практическая реализация рассмотренных предложений основывается на результатах большого объема исследований, выполненных методом вычислительного эксперимента.

Литература

1. Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междофазных коротких замыканий / Романюк Ф.А., Тишечкин А.А., Ковалевский А.В. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика / БНТУ. – Минск, 2005, № 2, стр. 11-14;
2. Принцип выполнения адаптивной микропроцессорной токовой направленной защиты линий / Романюк Ф.А., Тишечкин А.А., Гурьянчик О.А. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика / БНТУ. – Минск, 2007, № 4, стр. 13-18.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПОТОКИ ЭНЕРГИИ

Бородавко В.И., Гайко В.А., Пынькин А.М., Хейфец М.Л.

*Государственное научно-производственное объединение «Центр»
НАН Беларуси, Минск*

В общем виде системная модель технологии представляется сочетанием трех входных потоков: вещества, энергии, информации. Метод обработки целесообразно рассматривать в виде подсистем: материальной и информационной. Первая доставляет и преобразует энергию, необходимую для воздействия на заготовку с целью изменения ее физико-химических свойств, снятия или нанесения материала. Она определяется видом процесса обработки. Вторая управляет потоками энергии и вещества, обеспечивая их доставку в необходимом количестве в заданное место рабочего пространства с целью обеспечения определенной формы, размеров и свойств изделия. В результате под методом обработки понимается совокупность энергетических и информационных процессов, направленных на изменение формы, размеров, качества поверхности и физико-химических свойств конструкционного материала.

Для формализации условий целенаправленного создания методов обработки каждая совокупность одноименных компонентов системы описывается как некоторое множество конструкторско-технологических решений (КТР). Такой подход позволяет любой метод обработки представить в виде кортежа, каждый элемент которого является элементом соответствующего множества КТР.